

**Розробка засад створення нано- та пікосупутників як космічних мікролабораторій.**  
**Разработка основ создания нано- и пикоспутников как космических**  
**микролабораторий.**  
**Development of bases of creation of nano- and picosatellites as space microlaboratories.**

**1. Номер державної реєстрації теми - 0110U002593**

**2. Науковий керівник – д.т.н., проф. Збруцький О.В., Збруцкий А.В., Zbrutsky O.V.**

**3. Суть розробки, основні результати.**

Створення на базі мікросупутників як надмалих космічних апаратах космічних мікролабораторій значно підвищує ефективність використання космічних апаратів та залучення до космічних експериментів більшої кількості користувачів за рахунок вдосконалення космічних апаратів та впровадження сучасних інформаційних технологій. Розроблено загальну методологію аналізу та синтезу структур компонентів віртуальної лабораторії з урахуванням особливостей побудови бортової системи збору, обробки інформації та керування, особливостей наукових приладів та систем мікросупутника. Розроблено макет такої лабораторії, відповідне програмне забезпечення, в тому числі для забезпечення віддаленого доступу через Internet до компонентів віртуальної лабораторії. Визначено склад лабораторії та розроблена її структурна схема. Визначено склад макету, алгоритми, програмне забезпечення; структурні схеми, виконано основні розрахунки та дані рекомендації щодо створення системи керування. Визначено робочі місця для дослідження та створено макет віртуальної лабораторії. Розроблено принципи і схеми її взаємодії з науковими приладами та системами обміну інформації, в тому числі схеми, протоколи та функцій обміну інформації для Internet, Intranet та Ethernet. Реалізовано макет взаємодії лабораторії з Internet/ Intranet, Ethernet та радіоканалом.

Розроблено методи і підходи, які дозволяють виконати низку космічних експериментів через зміну алгоритму роботи бортового обчислювача. Відпрацьовано методику експериментального дослідження алгоритмів визначення повного фазового вектора мікросупутника і алгоритмів керування ним за оцінкою фазового вектора. Розроблено алгоритм фільтра Калмана оцінювання фазового вектора, нечутливого до похибок обчислення. Встановлено, що для реалізації розроблених алгоритмів керування кутовою орієнтацією мікросупутника достатньо обчислювальних потужностей мікроконтролерів сімейства ARM7. З метою забезпечення зміни алгоритму роботи бортового обчислювача з наземного терміналу виконано аналіз і розробку каналів радіозв'язку. Розроблено протоколи обміну даними, які дозволяють здійснити необхідне конфігурування бортового обчислювача в умовах високого рівня завад.

Розроблено схемно-технічне рішення та конструкція мікросупутника.

**(рус.)**

Разработаны основы создания сверхмалых космических аппаратов как космических микролабораторий. Проведены теоретические и экспериментальные исследования по созданию систем микроспутников, разработаны основные схемно-технические решения, отработано программное обеспечение. Создан наземный центр связи с микроспутниками в любительском диапазоне частот для проведения космических экспериментов.

**(англ.)**

Bases of creation of midget space vehicles as space microlaboratories are worked out. Theoretical and experimental researches are conducted on creation of the systems of microsatellites, basic scheme-technical decisions are worked out, software is developed. The ground center of communication with microsatellites in the amateur range of frequencies for realization of space experiments is created.

**4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.**

- Патент U201106037 України, МПК (2011) G08C 19/28 (2006/01). Спосіб стиснення аналогового сигналу/ В.П. Зінченко, В. Разаї, Б.М. Шевчук// Рішення про видачу деклараційного патенту на корисну модель № 10440/ЗУ/11 від 23.05.2011.

- Заявка на Патент України, МПК (2011). Алгоритм діагностики інформаційних вимірювальних систем / В.П. Зінченко, С.В. Зінченко, В.И. Мірошніченко, В. Разаї.

#### **5. Порівняння зі світовими аналогами.**

Отримані результати відповідають світовому рівню.

#### **6. Економічна привабливість для просування на ринок.**

Привабливість отриманих результатів полягає у розробці конкурентоздатних алюмінієвих теплових труб, наукоємних розробок з методів обробки інформації та алгоритмів керування рухом космічних апаратів.

#### **7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації).**

Результати роботи можуть бути використані в Міністерстві промислової політики України, Державному космічному агентстві України, у вищих навчальних закладах Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, зокрема в НТУУ «КПІ».

#### **8. Стан готовності розробки.**

Розроблено принципові схемно-технічні рішення, виконано основні теоретичні розрахунки, тому доцільним наступним етапом роботи є розробка технічного проекту та макетного зразка мікросупутника.

#### **9. Існуючі результати впровадження.**

Результати роботи впроваджено в Державному конструкторське бюро «Південне» ім. М.К.Янгеля при виконання робіт по темі «Розробка, виготовлення та автономні випробування експериментальних панелей з терморегулюючими покриттями для льотних випробувань на КА «Мікросат».

#### **10. Назва підрозділу, телефон, e-mail.**

Науково-аналітичний центр критичних технологій навігаційного приладобудування НТУУ «КПІ», тел. (044) 406-82-24, e-mail: [faks@ntu-kpi.kiev.ua](mailto:faks@ntu-kpi.kiev.ua).

#### **11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання.**

1. Гераїмчук І.М., Зінченко С.В. Проблеми представлення знань в інформаційних технологіях // монографія. –К.: Нтуу «КПІ», 2010. – 240 с.
2. Збруцкий А.В., Ганжа А.П. Навигация космического аппарата дистанционного зондирования Земли по съемке земной поверхности/Учебное пособие, НТУУ «КПІ», 2011, 165 с.
3. Збруцкий А.В., Рыжков Л.М., Карнаушенко Р.В., Степуренко Д.И., Верхолаз Е.В. Трехмерное моделирование и структурный анализ конструкций в системе автоматизированного проектирования PRO/ENGINEER / Учебное пособие, НТУУ «КПІ», 2011, 172 с.
4. Збруцкий А.В., Рыжков Л.М., Лаврущенко А.Н., Мишкин Д.С. Проектирование печатных плат с использованием пакета «ALTIUM DESIGNER» / Учебное пособие, НТУУ «КПІ», 2011, 68 с
5. Бунин С.Г. «Неэнергетический» прием ультракоротких импульсных сигналов.//Telecommunication Sciences, v.1, No.1, July – -December 2010, pp. 7 – 13.
6. Бунин С.Г. Повышение эффективности приема многолучевого импульсного сверхширокополосного сигнала.//П'ята Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми телекомунікацій», Київ, 19-22 квітня 2011 р. с.73.
7. Бунин С.Г. Оценка помехоустойчивости приемника, реализующего «неэнергетический» способ приема. //П'ята Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми телекомунікацій», Київ, 19-22 квітня 2011 р. с.18
8. Бунин С.Г. Использование сверхширокополосных импульсных сигналов в будущих системах дальней радиосвязи.//Тр. 21-й Международной конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (Крымико-2011), Севастополь, 10-15 сентября, 2011
9. Автоматика / Automatics - 2011. Матеріали XVIII Міжнародної конференції з автоматичного управління, 28-30 вересня, 2011: - Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2011. - с. 277-278.Рижков Л.М., Мелашенко О.М. Оцінювання кутової

- орієнтації мікросупутника еліпсоїдальним фільтром// Наукові вісті НТУУ "КПІ", 2010, № 1, с.148-152.
10. Рижков Л.М., Мелашенко О.М., Фам Ба Кхань. Магнітно-маховичне керування мікросупутником// Механіка гіроскопічних систем. 2010. Випуск 21. - С.19-24
  11. Iakymov Sergii, Ryzhkov Lev. Flywheel starting in the stabilization system of the microsatellite// Інтелект, Інтеграція, Надійність: Тези учасн. III міжнар. конф. студ. та молодих вчених, 19-21 апреля 2010. – К: ИВЦ «Видавництва «Політехніка», 2010, С. 20.
  12. Рижков Л.М., Степуренко Д.І. Аналіз похибок алгоритмів визначення орієнтації мікросупутників//Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки: матеріали доповідей. м. Київ, 14-17.06.2010, - К.: Освіта України, 2010, С.129-130.
  13. Збруцький О.В., Зінченко В.П., Рижков Л.М. Створення на базі мікросупутників космічних мікролабораторій// там же, С. 72-73.
  14. Ryzhkov L.M. Double-vector algorithm of orientation // I-st International Conference "Methods and Systems of Navigation and Motion Control", Conference Proceedings, Kyiv, Ukraine, October 13-16, 2010.
  15. Zbrutsky O.V., Melaschenko O.M., Ryzhkov L.M. Robust attitude determination and control system of microsatellite// Інформаційні системи, механіка та керування. 2010. Випуск 5. – С.130-136.
  16. Рижков Л.М., Мелашенко О.М., Фам Ба Кхань. Магнітно-маховичне керування мікросупутником// Механіка гіроскопічних систем. 2010. Випуск 21. - С.19-24
  17. Zbrutsky O.V., Melaschenko O.M., Ryzhkov L.M. Robust attitude determination and control system of microsatellite// Інформаційні системи, механіка та керування. 2010. Випуск 5. – С.130-136
  18. Рижков Л.М., Степуренко Д.І. Дослідження похибок вимірювачів на точність визначення кутового положення мікросупутника// Збірник тез доповідей "X міжнародної науково-технічної конференції "Приладобудування 2011: стан і перспективи", Київ, 2011, С.43.
  19. Рижков Л.М., Степуренко Д.І. Дослідження інструментальних похибок двовекторного алгоритму визначення орієнтації// Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції "Гіротехнології, навігація, керування рухом і конструювання авіаційно-космічної техніки", НТУУ КПІ, 21-22 квітня, 2011. С.137-142.
  20. Мелашенко О.М., Рижков Л.М. Безгіроскопний алгоритм маховичного керування мікросупутником// Там же, С.92-96.
  21. Рижков Л.М., Верхолаз О.В., Карнаушенко Р.В. Скінченно-елементна модель мікросупутника та модальний аналіз його конструкції// Механіка гіроскопічних систем. 2010. Випуск 22. - С.116-125.
  22. Чернобаева Д.О., Мелашенко О.М., Рижков Л.М. Робастна магнітна стабілізація кутового положення мікросупутника// Механіка гіроскопічних систем. 2010. Випуск 22. - С.63-71.
  23. Збруцький А.В., Рижков Л.М. Концепция и состояние разработки микроспутника в НТУУ «КПИ» //Перспективы космических исследований Украины/ - К. Академперіодика, 2011. -с.224-227.
  24. Збруцький О.В, Мелашенко О.М., Рижков Л.М. Алгоритми прецизійної системи визначення орієнтації та керування мікросупутника//Космічні дослідження в Україні. Звіт до COSPAR, 2011.- с.125-129.
  25. О. Zbrutsky, О. Melaschenko, L. Ryzhkov Algorithms of microsatellite precise attitude determination and control system// Space research in Ukraine/ The report to the COSPAR, 2011.- с.115-118.
  26. Рижков Л.М., Степуренко Д.І. Вплив похибок вимірювачів на точність визначення орієнтації мікросупутника за допомогою двовекторних алгоритмів//Автоматика /

- Automatics - 2011. Матеріали XVIII Міжнародної конференції з автоматичного управління, 28-30 вересня, 2011: - Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2011. - с. 277-278.
27. Рассамакин Б.М., Хайрмасов С.М., Гакал П.Г., Рассамакин А.Б. Разработка, изготовление и испытания сотованельного радиатора-излучателя с тепловыми трубами для космического аппарата. Эффективность сотовых конструкций в изделиях авиационно-космической техники. 4-я Международная научно-практическая конференция, Днепропетровск, 01-03 июня, 2011, с. 181-185.
  28. Boris Rassamakin, Sergey Khairmasov, Andrey Rassamakin, Olga Alpherova. SPACE APPLIED ALUMINUM PROFILED HEAT PIPES WITH AXIAL GROOVES: EXPERIMENTS AND SIMULATION. Heat pipes Science and Technology. Знаходиться у редакції та планується до друку у листопаді 2011 року.
  29. Рассамакин Б.М., Хайрмасов С.М., Рассамакин А.Б., Хоминич В.И., Елисеева Е.Н. Углепластиковые сотованели в конструкциях солнечных батарей нано- и микроспутников НТУУ «КПИ». Эффективность сотовых конструкций в изделиях авиационно-космической техники. 4-я Международная научно-практическая конференция, Днепропетровск, 01-03 июня, 2011, с. 186-187.
  30. Цюк Т.А., Рассамакин Б.М., Хайрмасов С.М., Хоминич В.И. Тепловое моделирование наноспутника НТУУ «КПИ» // XIII Международная молодежная научно-практическая конференция «Человек и космос». – Днепропетровск, 2011.
  31. Збруцький О.В., Зінченко В.П., Рижков Л.М. Створення на базі мікросупутників космічних мікролабораторій // Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки – GEO-UA2010 / II Всеукраїнська конференція з запрошенням закордонних учасників м. Київ 14 – 17 червня 2010 року. Матер. допов. - К.: Освіта України, 2010. - С. 72 – 73.
  32. Зинченко В.П., Зинченко С.В. Архитектура и организация системы удаленного доступа к информации микроспутника // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. 2011, № 10. - С. 56 - 67.
  33. Зінченко В.П. Лабораторія віддалених дослідження бортових систем мікросупутника // Наук.–технік. конф. виклад., науковців, аспірантів та студентів ФАКС 24 – 26 травня 2011 року. Зб. тез доп. – К.: НТУУ «КПІ», ФАКС, 2011. - С. 63 – 65.
  34. Зинченко В.П., Зинченко С.В., Плетинка А.В., Сердюк А.И., Шпоха М.А. Общая организация системы удаленного доступа к информации микроспутника // Наук.–технік. конф. виклад., науковців, аспірантів та студентів ФАКС 24 – 26 травня 2011 року. Зб. тез доп. – К.: НТУУ «КПІ», ФАКС, 2011. - С. 22 – 23.
  35. С.В.Зинченко, В.П. Зинченко, А.О. Малишко и др. К вопросу разработки оптимального алгоритма работы вычислительной системы микроспутника // XXXV Междунар. симпозиум “Вопросы оптимизации вычислений”. – НАН Украины: ИК им. В.М. Глушкова. – пгт. Кацевели, 2011. – С. 64.
  36. Маринич Ю.М., Збруцький О.В. Двигун-маховик для управління кутовим рухом супутника// Механіка гіроскопічних систем. 2011. Випуск 23. - С. 68-75.
  37. Мелашенко О.М., Рижков Л.М., Степуренко Д.І. Аналіз детермінованих алгоритмів визначення орієнтації//Механіка гіроскопічних систем. 2011. Випуск 23. - С. 49-57.
  38. Балабанова Т.В. Динаміка та похибки дворамоквого динамічно настроюваного гіроскопу з однокільцевою схемою складання при прискореннях основи//Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.03, 2011 р.

